

補助事業番号 19-116
補助事業名 平成 19 年度 環境対応型ディーゼルエンジンの基盤技術開発補助事業
補助事業者名 社団法人 日本陸用内燃機関協会

1. 補助事業の概要

(1) 事業の目的

今後の国内外の排出ガス規制の強化に対応するため、劣悪かつ多様な環境で使用される小形D Eに最適かつミニマムコストで超低PM化（Tier 4 規制対応）の実現を目指した基盤技術開発を行うことにより、今後の開発投資費用の削減と開発期間短縮を図ると共に、省エネの推進と地球環境保全を図り、もって機械工業の振興に寄与する。

(2) 実施内容

色々な対応技術が考えられ、又どの技術が成功の見込みが高いのかがわからない中での開発であるので、4つの分科会を作って切り口を変えた中で、去年の成果をベースに基盤技術開発を推進した。

① クボタ分科会

36.4kW の小形汎用ディーゼルエンジン（渦流室式、無過給）に前後段 DOC 付き DPF（ディーゼルパーティキュレートフィルター）装置を装着した。更に、捕集した煤を燃焼させるために、燃料改質器等より構成される DPF 強制再生補助装置を試作開発し、そのシステムの煤燃焼能力の一次評価を行うと共に、今後の設計指針を明確にした。

② ヤンマー分科会

51.5kW の小形汎用ディーゼルエンジン（直噴式、無過給）において、DPF などの高価な後処理装置を用いずに、エンジン燃焼改善・燃料改質ガス混合 EGR（排気ガス再循環）・噴射時期の最適化などの改善を行うことで、Tier4 規制値にどの程度まで近づけることが出来るか技術開発を推進した。

③ 三菱重工業分科会

55kW の小形汎用ディーゼルエンジン（直噴式、過給）において、H18 年度改良エンジンに更なる改良（インタークーラー付き、クールドEGR）を加え、後処理装置としてDOC及びメタルDPFを装着して、Tier4 レベルにどの程度まで低減可能か技術開発を推進した。

④ I H I シバウラ分科会

37.3kW の小形汎用ディーゼルエンジン（渦流室式、無過給）において、H18 年度の改良エンジンに、後処理装置として新型 DPF を装着しての低減効果を把握と、排気管への軽油噴射による DPF 強制再生性能を把握して、今後の開発課

題を明確化にした。

2. 予想される事業実施効果

小型汎用ディーゼルエンジン4機種における、本平成19年度での研究開発において、以下の具体的な成果あるいは結果を得た。

(A) 副室式エンジン（その1）において、前後段DOC付DPF(触媒なし)による後処理装置、ならびに燃料改質ガスによるDPF強制再生装置を試作開発し、その研究・評価から以下の知見等を得た。

- ①燃料噴射時期の調整とDPFの装着を行なうことにより、エンジン排ガスがTier4規制値に適合し得ることを確認した。
- ②前後段DOC付DPF(触媒なし)、燃料改質器、燃料ポンプ、空気ブロワーの4要素から構成されたDPF強制再生システムを試作開発した。
- ③燃料改質ガス投入時にDPFからCOとHCが多量に排出される場合があるが、後段DOCの装着によって低減できた。なお、前段DOCは低温酸化性を、後段DOCは高温耐久性を重視する必要がある。
- ④スート捕集量約10g/L、DPF入り口温度600℃、再生期間10分の再生条件において、再生率はエンジンの回転速度上昇により向上の傾向を示し今回の実験では65%~98%の範囲で変化した。今年度の目標再生率70%をほぼ達成した。
- ⑤燃料改質ガス投入時に、エンジン上での前段DOCの反応開始温度は230℃であって、当初の単体試験による期待温度に比べて高かった。その原因の一つは、改質温度が高かったことによるH₂とCOの生成量不足と思われ、改質器本体の冷却などの対策が必要である。
- ⑥排気低温時のエンジンにおいてグロー周辺温度が280℃以下であれば改質ガスのグロー着火が確保できない場合があり、着火源の強化や保炎機構の改善が必要である。

(B) 副室式エンジン（その2）において、前段DOC付DPF(触媒あり)による後処理装置、ならびに排気管内での軽油燃焼によるDPF強制再生装置を試作開発し、その研究・評価から以下の知見等を得た。

- ①前段DOC付DPF(触媒あり)をエンジンに近づけて配置し、また排ガスがDPFへ均一に流入するよう配慮することによって、DPFの連続再生運転範囲を拡大することが出来た。なお、DPFのPM捕集率は約90%であって、昨年度においてPMのTier4規制値達成を確認している。
- ②DPFのPM酸化能力は、実験の範囲内ではDOCの触媒担持量とDPF材料の影響を殆ど受けず、またDPFのPt触媒と非Pt系触媒との差も認められなかった。DOCのPt担持量は2g/Lが適当であり、一方DPFの触媒にはPt系以外の触媒もあり得ると思われる。

- ③排気管内軽油噴射による排気温度上昇によって、ほぼ 100%に近い DPF 再生率の達成を確認した。この場合、エンジン回転や負荷も限定され、排気管内の軽油噴射量は 14.8g/min の 30 分間連続噴射と多く、それによる排気温度上昇分は約 240℃であって DPF 入り口温度は 680℃にも達した。管内における噴射燃料の燃焼特性が必ずしも良いとは思われないため、未燃分低減も含めて今後の検討課題である。
- ④③の結果から、燃費の悪化が懸念されるため、それを抑制するための後処理装置の構造やシステムの開発と併せて、PM 堆積量の把握手法の開発も課題である。
- ⑤DPF の再生率は、コーディライトに比べて SiC の方が高くなる傾向が見られ、その程度はエンジン負荷が比較的低い場合に顕著である。

(C) 直噴エンジン（無過給）において、燃料改質ガス混合 EGR、ならびに酸化触媒 DOC の適用による NO_x と PM の同時低減効果を究明・検討し、Tier 4 規制適合への可能性に関して以下の知見等を得た。

- ①燃料改質を模擬した H₂・CO 混合ガスを EGR ガスに添加混合することによって、PM-NO_x のトレードオフ関係を改善することが可能である。しかし、その改善程度は必ずしも十分ではなく、燃料噴射時期によって NO_x+THC 値を Tier 4 規制値に適合させた場合の PM 値は、排気系に酸化触媒を設置しても約 0.1g/kWh であって、規制値の 3 倍程度高い値となった。
- ②したがって、EGR+EGR ガスへの燃料改質ガス添加+酸化触媒 DOC の 3 つの対応を同時適用したとしても Tier4 規制値への排ガス適合化は難しい。PM 適合化への対応として DPF 装着の必須性が示唆される。
- ③特に高負荷モードにおける燃料改質ガス混合 EGR の適用時には、PM 悪化による EGR 増加への制約とそれに伴う NO_x 低減効果の縮小とが顕著になる傾向があって、これがモードでの排ガス改善に対する障害の一つになる。
- ④酸化触媒 COD のライトオフ温度は CO よりも THC において高くなることから、DOC での SOF 低減は CO 低減よりも難しいと推察される。ライトオフ温度は Pt 触媒量の増加で低下し、本実験での触媒量範囲では THC が 260℃から 205℃へ、また CO は 220℃から 160℃へそれぞれ低下した。

(D) 直噴エンジン（ターボ過給）において、酸化触媒 DOC と強制再生を要しないメタル DPF とで構成される後処理装置、ならびに幾つかの燃焼系排ガス改善技術を適用することによる NO_x と PM の同時低減効果を究明・検討し、Tier 4 規制適合への可能性に関して以下の知見等を得た。

- ①ベースエンジンにインタークーラー、クールド EGR を適用することによって、C1 と NRTC モード共に NO_x-PM トレードオフ関係が改善され、昨年度結果に対してエンジンアウトの排ガスエミッションを低減し得た。

- ②前段 DOC とメタル DPF を排気系に採用することによって、EGR なし NRTC モードで PM 浄化率 68%を、また C 1 モードでは 51%をそれぞれ得た。Tier4 の規制値をクリアするには、PM を 1/10 程度に低減する必要があり、PM 値を更に低減しなければならない。
- ③後処理装置の有無などのエンジン条件に殆ど関わらず、C1 モードに比較して NRTC モードでは、全般的に CO と HC の排出濃度が高めで、NO_x と PM は低めに出る場合が多い。
- ④前段 DOC+メタル DPF の浄化率は、DOC が無ければ低下するが、メタル DPF での触媒の有無によって C1・NRTC モード値の何れもが殆ど変わらず、メタル DPF への触媒担持のメリットは認められない。触媒担持がなくとも DPF 容量の増加によって浄化率は向上する。
- ⑤C1 に比べて NRTC モードでは排気温度が低温側に集中しているものの、225℃以上の累積頻度は両モード共に同じ 70%位であるため、DOC による HC や SOF の浄化性能はほぼ同一と思われる。

以上の成果により、引き続き最終目標である Tier4 規制値適合を目指し、燃焼系での PM と NO_x の低減に向けた技術開発と、排気系での DOC 及び DPF の性能向上と、最大の課題である強制再生補助装置に係る基盤技術開発を進める上での開発指針が明確になった。

3. 本事業により作成した印刷物

H19 年度環境対応型ディーゼルエンジンの基盤技術開発補助事業報告書 100 部

4. 事業内容についての問い合わせ

団体名： 社団法人 日本陸用内燃機関協会（ニホンリクヨウナイネンキカンキョウカイ）

住所： 162-0842
東京都新宿区市谷砂土原町一丁目 2 番地の 31

代表者名： 会長 林 守也（ハヤシモリヤ）

担当部署： 第二技術部（ダイニギジュツブ）

担当者名： 部長 瀧野壽夫（タキノヒサオ）

電話番号： 03-3260-9101

FAX 番号： 03-3260-7965

E-mail : takino@lema.or.jp

URL : <http://www.lema.or.jp/>